

Сопоставление доверительных интервалов математических ожиданий средних значений среднемесячной площади выемки при последовательной отработке двух весьма сближенных пластов в восходящем и нисходящем порядках, определенных с доверительной вероятностью $\alpha=0,95$, свидетельствует о том, что они не пересекаются. Следовательно, разница между ними действительно существует. К аналогичному выводу можно прийти путем анализа принадлежности этих выборок к одной объединенной совокупности ($x+y$) по критическому значению статистики Стьюдента, т.к. $t > t_{кр}$ (для объединенной совокупности: $t = (x_{cp} - y_{cp}) / S(x_{cp} - y_{cp})$; $S(x_{cp} - y_{cp}) = (S^2x/n_x + S^2y/n_y)^{1/2}$; $k(n_k) = [(S^2x/n_x) + (S^2y/n_y)]^2 / [S^4x/(n_x - 1) + (S^4y/n_y^2(n_y - 1))]$). Из диаграммы следует, что эффективность первоочередной выемки нижнего, а затем верхнего пласта соответственно на 8 и 37% выше при восходящем в сравнении с нисходящим порядком отработки пластов.

Результаты моделирования подтверждаются практикой. По данным многолетних наблюдений группы горного давления шахты устойчивость подготовительных выработок по нижнему и верхнему пластам, отрабатываемым в первую очередь, примерно одинаковая. В то же время устойчивость подготовительных выработок по нижнему пласту

при нисходящем порядке отработки намного ниже, чем по верхнему [2].

Таким образом, технико-экономические показатели работы лав и результаты шахтных наблюдений проявления горного давления в выработках согласуются между собой. Они подтверждают теоретический прогноз, указывают на более благоприятные условия поддержания подготовительных выработок, а следовательно и большую эффективность их отработки.

Эти преимущества обусловлены защитным, экранирующим воздействием верхнего пласта прочного и вязкого угля, перекрывающим горные выработки при первоочередной выемке нижнего пласта, и меньшей разрушенностью пород кровли верхнего пласта, отрабатываемого во вторую очередь, после выемки предыдущего пласта.

Список литературы

1. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР / ВНИМИ.-Л., - 1986. - 222 с.
2. Мартюшев В.С. Устойчивость выработок в зонах разгрузки и ПГД // Уголь Украины. - 1995. - N 6. - С.14-16.

УДК 622.831

Р.Н.Терещук

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АНКЕРНОЙ КРЕПИ

В статті виконано огляд різних видів кріплення, що застосовуються зараз на підземних об'єктах, а також обсяги їх використання. Описано умови застосування анкерного кріплення та основні напрямки його подальшого впровадження на шахтах України.

В статье выполнен обзор различных видов крепей, применяющихся в настоящее время, а также объемы их использования на подземных объектах. Описаны условия применения анкерной крепи и основные направления ее дальнейшего внедрения на шахтах Украины.

Different types of support used in mining objects and volumes of their application are considered in the article. Terms of bolt support usage and main directions of its following entrance on mines of Ukraine are described as well.

Строительство и эксплуатация всех без исключения подземных объектов сопряжено с необходимостью проведения большого объема подземных горных выработок. Одной из характерных особенностей современного подземного и, в особенности, шахтного строительства является значительное усложнение горно-геологических условий. Поэтому успешное решение задач, связанных с обеспечением эксплуатационной надежности горных выработок и подземных сооружений, во многом зависит от степени совершенства используемых подземных инженерных конструкций.

Эксплуатационная надежность подземных сооружений обеспечивается путем возведения (обра-

зования) различных инженерных конструкций. При этом инженерными конструкциями являются не только крепи горных выработок и обделки подземных сооружений, но и сам массив горных пород, вмещающий выработку, который может рассматриваться как естественная породная конструкция.

Все многообразие применяющихся конструкций крепей по характеру взаимодействия их с массивом можно разделить на следующие группы:

- изолирующие крепи, предохраняющие породы приконтурной зоны от выветривания;
- ограждающие крепи, предохраняющие выработку от локальных обрушений пород;

- упрочняющие крепи, повышающие прочность и устойчивость вмещающих пород;
- подпорные крепи, обеспечивающие значительное сопротивление (отпор) смещающимся в выработку породам;
- комбинированные крепи.

Изолирующие и ограждающие крепи применяются в условиях устойчивых вмещающих пород.

Наиболее широкое распространение на практике получили подпорные крепи, реактивный отпор которых создается за счет опирания конструкции на породный массив. К ним относятся: бетонные (монолитные и сборные), тюбинговые и все разновидности рамных крепей (арочная, кольцевая и т.д.). Эти крепи весьма материалоемки и дорогостоящие, а их возведение сопряжено с выполнением большого объема работ в стесненных условиях призабойной зоны. Так, стоимость крепи составляет 30...60 % стоимости выработки, а затраты времени на крепежные работы занимают 25...55 % трудозатрат [1]. Кроме того, процесс возведения крепей сложно поддается механизации, поскольку он сопряжен с выполнением большого объема монтажных работ. Несмотря на отмеченные недостатки, около 95 % протяженности горных выработок закреплено крепью подпорного типа, в том числе 88 % – металлической рамной и сборной железобетонной крепью.

Такое положение объясняется, с одной стороны, силой традиций, подкрепленных широко разветвленной сетью заводов, серийно производящих эти крепи, с другой – достаточно предсказуемым их поведением в условиях интенсивных проявлений горного давления. В частности, начало разрушений таких крепей сопровождается заметными деформациями их элементов или появлением трещин в бетонных конструкциях, что позволяет своевременно принять соответствующие меры. Вследствие этого, в настоящее время, особенно на угольных шахтах, сохраняется тенденция применения материалоемких и дорогостоящих крепей подпорного типа. Вместе с тем, протяженность перекрепляемых выработок составляет 46,6 %, а отремонтированных в 1,7 раза превышает протяженность пройденных выработок. Это объясняется тем, что напряжения в массиве пород на порядок превышают несущую способность самых мощных типоразмеров применяемых конструкций металлических арок крепей. Направление на увеличение несущей способности крепи себя не оправдывает. Это приводит к увеличению стоимости выработки, возрастанию затрат на поддержание, однако протяженность выработок с неудовлетворительным состоянием остается значительной.

Поэтому максимально возможное использование естественной несущей способности вмещающих выработку пород, а также разработка технологических решений, увеличивающих прочностной и деформативный запас этих пород, являются

в настоящее время наиболее перспективным и экономически оправданным комплексом работ при сооружении и поддержании горных выработок. Реализация этого возможна на базе современных конструкций крепей упрочняющего типа. Эти крепи весьма разнообразны по конструктивному исполнению и имеют широкий диапазон условий применения. Так, анкерные крепи, стягивая отдельные слои и блоки пород, образуют несущие породные конструкции. При нагнетании скрепляющих растворов в приконтурный трещиноватый массив образуется мощная породо-бетонная оболочка, которая может выполнять функции крепи. Эффектом упрочнения обладают и набрызг-бетонные крепи.

Анкерная крепь применяется в практике горнодобывающей промышленности и подземном строительстве с начала XX века, но фактическое освоение анкерной крепи, как конструктивно оформленного и практически проверенного способа крепления, датируется 1947 годом. Она представляет собой пространственную систему стержней (анкеров), закрепленных в породном массиве, вмещающем горную выработку.

Принцип анкерования состоит в обеспечении устойчивости прилегающих к выработке пород за счет нетронутого массива, расположенного за контуром неупругих деформаций, непосредственным увеличении несущей способности этих пород скреплением отдельных слоев или кусков анкерами, закрепленными различными способами в пробуренных скважинах.

По сравнению с поддерживающими конструкциями, анкерная крепь имеет ряд существенных преимуществ:

- повышает безопасность ведения горных работ;
- обладает потенциальными возможностями для полной механизации процесса крепления;
- требует меньшего расхода крепежных материалов и меньших сечений горных выработок на 18...25 %;
- сокращает трудоемкость работ на 20...30 %;
- уменьшает аэродинамическое сопротивление, примерно, в 2,5 раза (по сравнению с рамной крепью) [2].

Анкерная крепь, являясь перспективной и экономически выгодной для крепления подземных сооружений, может применяться в подготовительных выработках пологого, наклонного и крутого падения, в том числе в выработках, попадающих в зону влияния временного и остаточного горного давления, а также при бесцеликовых схемах подготовки и отработки выемочных полей [3].

На угольных шахтах анкерную крепь применяют в качестве постоянной и временной конструкции в самостоятельном виде и в сочетании с традиционными подпорными металлическими, бетонными и набрызг-бетонными крепями. Особенно она выгодна в тех выработках, где установка

другого вида крепи невозможна или же связана с большими трудностями, например, в выработках большого поперечного сечения. Иногда анкерный болт используют для вспомогательных целей.

В самостоятельном виде анкерную крепь применяют при креплении подземных сооружений, размещенных в слабообводненных, достаточно монолитных породах вне зоны геологических нарушений при смещениях пород кровли не более 100 мм. Предельно возможная относительная деформация кровли горной выработки, закрепленной анкерами, не должна превышать 2 %.

При смещениях кровли выработок на 50...100 мм и более анкерную крепь используют в комбинации с поддерживающими крепями. Так, в сочетании с рамной крепью анкерная позволяет уменьшить в 1,5...2 раза плотность установки рам [2].

Эволюционное развитие анкерного крепления неразрывно связано с созданием новых типов анкеров, стимулирующих расширение области и объемов их применения.

К числу перспективных и сравнительно новых разработок следует отнести трубчатые конструкции анкеров – гидрораспорного, взрывного и пружинного закрепления [4]. Но в настоящее время, на замену клино-щелевым и распорным анкерам, все в больших объемах применяются сталеполимерные.

При обводненных породах фактическая несущая способность металлических и трубчатых анкеров снижается соответственно на 40 и 30 %. На несущую способность железобетонных и полимерных анкеров степень обводненности пород практически влияния не оказывает. Поэтому в условиях Донбасса целесообразно применение анкеров, закрепляемых специальными смесями на основе минеральных и синтетических составов, подающихся в шпуровые нагнетанием или в обособленных капсулах (патронах).

Анализ тенденций применения различных видов крепи за рубежом [5,6] показывает, что на угольных шахтах, при сохраняющемся преобладании металлической рамной крепи, определилась устойчивая тенденция к росту объемов применения анкерной и набрызг-бетонной крепей как самостоятельно, так и в сочетании друг с другом. Так, в США в 1958 году анкерной крепью было закреплено более 35 % всех горных выработок угольных шахт, а в 1991 году – более 50 %. Она также занимает господствующее положение и в горнорудной промышленности. В Австралии, где применяется американская технология добычи полезного ископаемого, до 90 % выработок закреплено анкерами, в КНР – до 84 % выработок. Во Франции и ФРГ в 1968 г. удельный вес анкерной крепи в общей протяженности поддерживаемых выработок составил соответственно 4,8 и 3,2 %. В последние годы объемы применения анкерной крепи в этих странах значительно возросли. В Ве-

ликобритании в 1953 г. в опытным порядке производилось крепление анкерной крепью, в 1960 г. объемы ее применения достигли 2 %. В период 1987–1994 гг. в угольной отрасли Великобритании произошел переворот, связанный с внедрением в производство новой технологии крепления выработок с помощью анкерной крепи, более 70 % выработок закреплено анкерами, что позволило британской угольной промышленности сократить расходы до мирового уровня. В настоящее время Великобритания является мировым лидером применения анкерной крепи на шахтах со сложными геотехническими условиями.

Начиная с 1957 г. в бывшем СССР проводились работы по промышленному испытанию анкерной крепи на шахтах различных угольных бассейнов. Несмотря на отдельные случаи успешного применения анкерной крепи, объемы использования ее в отечественной горнодобывающей промышленности в 1978 г. составили: черная металлургия – 14,1 %, цветная металлургия – 17,8 %, угольная промышленность – 4,7 %, из которых основная часть приходилась на Кузбасс. Фактический объем применения анкерной крепи в условиях Донецкого бассейна составлял 0,8 % [7].

В настоящее время на шахтах Украины анкерная крепь применяется ограниченно, удельный вес крепления выработок анкерами составляет 0,15 %, тогда как металлом – 84,8 %, сборным бетоном – 5,3 %, монолитным бетоном – 6,3 %, деревом – 1,7 %. Но протяженность выработок, не удовлетворяющих правилам безопасности, при креплении различными видами крепи составляет: металлом – 11,4 %, сборным бетоном – 8,2 %, монолитным бетоном – 3,5 %, деревом – 9,5 %, анкерами – 2 %.

Ограниченное применение анкерной крепи на угольных шахтах Украины объясняется недоверием работников шахт к этому виду крепи из-за непредсказуемости режима ее работы, отсутствием опыта эксплуатации и контроля за состоянием крепи, существующей системы оплаты работ, не стимулирующей сокращение издержек производства, недостаточной информацией о новейших достижениях в области конструкций анкеров и технологии их установки.

На основании изученного опыта зарубежных шахт и экспериментальных работ по внедрению анкерной крепи на шахтах Украины представляется возможным увеличение объемов применения анкеров самостоятельно и в сочетании с элементами других крепей.

Но дальнейшее развитие анкерного крепления в Украине, прежде всего, требует решения давно назревшего вопроса об организации централизованного изготовления анкеров лучших конструкций на крупных механических заводах и серийного выпуска специализированных машин, инструментов и контрольных приборов. В этой связи Минуглепромом Украины разработана целевая

программа "Анкер", которая предусматривает разработку и внедрение на шахтах Украины эффективных конструкций и передовых технологий возведения анкерных крепей и систем.

Поскольку условия разработки угольных месторождений в Великобритании сходны с украинскими в том плане, что добыча ведется на большой глубине, на большом количестве пластов, при слабых кровлях, Минуглепром Украины обратился в компанию RMT (Rock Mechanics Technology Ltd) за содействием по внедрению анкерного крепления на шахтах Украины.

Несмотря на сходство условий разработки, существуют некоторые отличия в строении массива и возникающих напряжениях вокруг выработки при ее проведении. Поэтому, взяв за основу британскую технологию крепления выработок анкерной крепью, нужно разработать комплекс мероприятий, который учитывал бы все горнотехнические различия разработки месторождений.

Для успешного, безопасного и геомеханически оправданного применения анкерного крепления в угольной промышленности Украины нужно провести ряд теоретических и экспериментальных работ, а именно:

- исследовать горно-геологические условия разработки и выделить регионы со сходными условиями;
- для каждого региона, а в дальнейшем и для отдельных шахт и участков, изучить распределение компонентов поля напряжений вокруг горных выработок;
- исследовать влияние трещиноватости пород на прочностные и деформативные свойства массива вблизи выработки;
- выполнить моделирование и натурные исследования, связанные с поэтапным внедрением анкерной крепи;

- создать на выделенных шахтах экспериментальные участки с выработками, закрепленными анкерной крепью;
- разработать типовые схемы крепления анкерной крепью для различных горно-геологических условий и поперечных сечений выработок;
- создать базу для подготовки и обучению специалистов по анкерному креплению.

Выполнив эти и ряд других работ, на угольных шахтах Украины возможно увеличить применение анкеров, самостоятельно и в сочетании с элементами других крепей, примерно в 2,5...3 раза. В дальнейшем, после отработки технологии установки и последующего контроля качества, эта цифра может быть существенно увеличена.

Список литературы

1. Заслов В.Я. Механизация крепления горных выработок. – М.: Недра, 1980. – 224 с.
2. Заславский Ю.З., Дружко Е.Б. Новые виды крепи горных выработок. – М.: Недра, 1989. – 256 с.
3. Широков А.П., Горбунов В.Ф. Повышение устойчивости горных пород. – Новосибирск.: Наука, 1983. – 168 с.
4. Юхимов Я.Ю., Гальперин В.Г. Новые типы анкерной крепи // Горный журнал. – 1982. – №8. – С. 58-60.
5. Угольная промышленность Великобритании и Франции / Братченко Б.Ф., Андросова М.С., Архипова Н.А. и др. / Под ред. инж. Братченко Б.Ф. – М.: Недра, 1971. – 368 с.
6. Ройтер Э.-У., Хермюльхайм В. Анкерная крепь в угольной промышленности США // Глюкауф. – 1985. – №9. – С. 23-27.
7. Кошелев К.В., Петренко Ю.А., Новиков А.О. Охрана и ремонт горных выработок. – М.: Недра, 1991. – 220 с.

УДК 622.257.122.

С.Ф.Власов, С.Е.Тимченко, П.В.Золотарский

МАГНИТНАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ ПРИ СТРУЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПОРОД

В статті розглянуто результати досліджень по регулюванню міцності, закріплених за допомогою струйної технології дисперсних порід, за рахунок зміни напруженості магнітного поля, діючого на закріплюючий розчин або його витрати через магнітний апарат.

В статье рассмотрены результаты исследований по регулированию прочности, закрепляемых с помощью струйной технологии, дисперсных пород, за счет изменения напряженности магнитного поля, воздействующего на закрепляющий раствор или его расхода через магнитный аппарат.

The results of the hardness regulation researches of the dispersed rocks, stabilized by jet technology using, which were conducted by changing the intensity of the magnetic field, influencing to stabilizing solution or its outlay through the magnetic device, are considered.